Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 38, No. 4, Winter 2024, p. 693-704

# The Effect of Foliar Application of Seaweed Extract on Morphological and Physiological Traits of *Echium amoenum* Fisch. & Mey Seedlings under Salinity Stress

**Behrouz Rahimkhani[1], Mahboobeh Naseri[2*], Ahmad Ahmadian[2], Msoud Alipanah[3]**

1, 2 and 3-M.Sc. Graduate, Assistant Professor and Associate Professor, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture, University of Torbat Heydarieh, Torbat Heydarieh, Iran, respectively
(*- Corresponding Author Email: m.naseri@torbath.ac.ir)

| | |
|---|---|
| Received: 16-06-2024<br>Revised: 30-06-2024<br>Accepted: 07-07-2024<br>Available Online: 07-07-2024 | **How to cite this article:**<br>Rahimkhani, B., Naseri, M., Ahmadian, A., & Alipanah, M. (2024). The effect of foliar application of Seaweed extract on morphological and physiological traits of *Echium amoenum* Fisch. & Mey seedlings under salinity stress. *Journal of Horticultural Science, 38*(4), 693-704. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jhs.2024.88537.1353 |

## Introduction

Historically, medicinal plants have been one of the most important resources for therapeutic purposes, and even today, their use is expanding in many developed countries. Salinity stress is a major factor that limits plant growth by reducing metabolic and physiological activities. One of the effects of salinity stress is the increased production of abscisic acid in plants. In recent years, the use of seaweed and its extracts has been tested as a method to mitigate the effects of salinity stress on plants. According to the studies conducted in some plants, seaweed extract can cause the growth and expansion of the roots and help to increase the absorption of water and minerals through the roots. Also, based on the research conducted on some plants, the use of seaweed increases the amount of chlorophyll in the plant and accelerates the time of flowering and fruit formation in the plant. *Echium amoenum* is a perennial plant belonging to the family Borage is a valuable plant in terms of its medicinal properties is considered. In general environmental factors have a significant effect on flower production in these plants. Therefore, for the successful cultivation of medicinal plants, including in general environmental factors have a significant effect on flower production in these plants. Therefore, for the successful cultivation of medicinal plants, including *Echium amoenum*, providing optimal environmental conditions is a priority, providing optimal environmental conditions is a priority. Ascophyllum nodosum seaweed extract contains significant amounts of high-use mineral elements such as nitrogen, potassium, calcium, magnesium, and low-use mineral elements such as iron, copper, and manganese. Therefore, according to the current results, in this study, the effect of foliar spraying of algae extract was investigated. The morphological characteristics of *Echium amoenum* seedling under salt stress were investigated

## Materials and Methods

In order to investigate the effects of foliar spraying of seaweed extract on borage flower seedlings under salinity stress conditions, a factorial experiment was conducted with two factors of seaweed and salinity stress with sodium chloride salt, in the form of a completely randomized design in the greenhouse. The seeds were purchased from Pakan Seed Company of Isfahan and soaked in normal water for 24 hours, and then they were transferred into small pots containing three parts of peat moss and one part of perlite. One week after transferring the seedlings to the main pots, foliar spraying with seaweed extract was done. Foliar-spraying was repeated once every two weeks and in total the seedlings were sprayed three times with seaweed extract. In this experiment, a concentration of 1500 ppm of seaweed extract and three levels of salinity (EC=1.6, 4, 8) were used. The seaweed extract used in this experiment belonged to Akadin Company. The type of seaweed from which the extract was prepared was Ascophyllum nodosum and it is a type of brown algae. One week after the first foliar application of seaweed extracts, the application of salinity stress began. In order to prevent shock in plants, salinity treatment was done gradually and in three stages. In order to prevent salt accumulation, washing with ordinary water was done once every two weeks.





https://doi.org/10.22067/jhs.2024.88537.1353

## Results and Discussion

The results showed that the use of seaweed extract can significantly protect plant growth under salinity stress. Seaweed extract increased the amount of proline and potassium in the leaves of the plant and thereby reduced the harmful effects of salinity stress on the borage plant. In addition, foliar spraying of borage plant with the use of seaweed extract increased the amount of chlorophyll in the plant, and in this way, by increasing the amount of photosynthesis in the plant; it helped the plant to grow better under salt stress conditions. The results of this research indicate that the use of seaweed extract helps plants maintain their health under salt stress by increasing proline levels and enhancing potassium absorption in plant tissues. Additionally, foliar spraying with seaweed extract preserves the chlorophyll structure in plants experiencing salinity stress, thereby increasing photosynthetic efficiency and promoting better growth under such conditions. Based on the results obtained, it can be concluded that seaweed can mitigate the negative effects of salinity stress in Iranian borage seedlings. Furthermore, due to its low cost and availability, it can serve as a suitable bio-fertilizer to support plant growth in saline conditions.

**Keywords:** Carotenoids, Electrolyte leakage, Sodium

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۸، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۳، ص. ۷۰۴-۶۹۳

# اثر محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی بر صفات مورفوفیزیولوژیک نشاء گل‌گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum* Fisch. & Mey) در شرایط تنش شوری

بهروز رحیم خانی[۱]- محبوبه ناصری[۲*]- احمد احمدیان[۲]- مسعود علی پناه[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۱۷

## چکیده

به‌منظور بررسی اثرات محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی روی نشاهای گل‌گاوزبان (*Echium amoenum* Fisch. & Mey) در شرایط تنش شوری، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل با دو فاکتور جلبک دریایی و تنش شوری با نمک کلرید سدیم، در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه انجام شد. در این آزمایش، تیمارها شامل غلظت ppm ۱۵۰۰ از عصاره جلبک دریایی و سه سطح شوری ( ۱/۶، ۴ و ۸ میلی‌موس بر متر) بود. یک هفته بعد از اولین محلول‌پاشی عصاره‌های جلبک دریایی، اعمال تنش شوری آغاز گردید. به‌منظور جلوگیری از ایجاد شوک در گیاهان، تیمار شوری به‌تدریج و در سه مرحله انجام شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده تیمارهای شوری و جلبک دریایی و همچنین اثرات متقابل شوری در جلبک دریایی بر وزن تر اندام هوایی، وزن تر ریشه، طول ریشه و وزن خشک کل بوته گل‌گاوزبان معنی‌دار بود. عصاره جلبک دریایی سبب افزایش میزان پرولین و پتاسیم در برگ گیاه گردید و از این طریق سبب کاهش اثرات مخرب تنش شوری برای گیاه گل‌گاوزبان شد. علاوه‌براین محلول‌پاشی گیاه گل‌گاوزبان با استفاده از عصاره جلبک دریایی سبب افزایش میزان کلروفیل در گیاه گردید و از این طریق با افزایش میزان فتوسنتز در گیاه به رشد بهتر گیاه در شرایط تنش شوری کمک کرد. استفاده از عصاره جلبک سبب افزایش میزان قند محلول تحت شرایط تنش شوری گردید. به‌طوری‌که در غلظت‌های ۱/۶، ۴ و ۸ میلی‌موس بر متر تنش شوری، میزان قند محلول به‌ترتیب ۸۰، ۳۳ و ۳۳ درصد افزایش یافت. استفاده از عصاره جلبک دریایی سبب کاهش ۱۱ و ۱۵ درصدی میزان سدیم در غلظت‌های ۴ و ۸ شوری شد. همچنین جلبک دریایی، جذب پتاسیم را ۳۳ و ۲۴ درصد در غلظت‌ها شوری افزایش داد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد جلبک دریایی می‌تواند اثرات منفی تنش شوری را در نشاء گل‌گاوزبان ایرانی کاهش دهد، همچنین به‌دلیل قیمت پایین و در دسترس بودن می‌تواند به‌عنوان یک کود زیستی مناسب برای حفظ رشد گیاه در شرایط تنش شوری استفاده گردد.

**واژه‌های کلیدی:** سدیم، کاروتنوئید، نشت الکترولیت

## مقدمه

از گذشته، گیاهان دارویی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع برای مصارف دارویی مورد استفاده قرار می‌گرفته‌اند. اکنون نیز در بسیاری از کشورهای پیشرفته، مصرف گیاهان دارویی رو به گسترش است (Ramandi *et al*., 2022). کشور ایران به‌طور طبیعی رویشگاه بسیاری از گونه‌های گیاهان دارویی است. به همین دلیل، این کشور از نظر طبیعی و جغرافیایی دارای استعدادهای زیادی جهت تولید، مصرف و صادرات گیاهان دارویی است (Nikbakht & Kafi, 2024). خانواده گل‌گاوزبان[۲] یکی از تیره‌های گیاهی با ۱۳۱ سرده و ۲۰۰ گونه است. برخی از گیاهان این خانواده یک‌ساله و برخی چندساله هستند. یکی از

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: m.naseri@torbath.ac.ir)

https://doi.org/10.22067/jhs.2024.88537.1353

**2-** Boraginacae

مهم‌ترین گیاهان دارویی در این خانواده گل‌گاوزبان ایرانی با نام علمی *Echium amoenum* Fisch. & Mey است. این گیاه علفی و دارای اندام پوشـیده از تارهای نرم اسـت. گل‌های آن به رنگ آبی مایل به بنفش آن در یک طرف گل‌آذین گرزن سـاده و بلند ظاهر می‌گردد. در طب سنتی ایران، گل‌های گل‌گاوزبان توسط مردم جهت رفع عوارض سـرماخوردگی و به‌عنوان آرام‌بخش مورد استفاده قرار می‌گرفته است (Nikbakht & Kafi, 2024; Jabbar *et al*., 2022).

تنش شـوری یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در کاهش رشـد گیاه اسـت. تنش شـوری با کم‌کردن فعالیت‌های متابولیکی و فیزیولوژیکی در گیاه باعث محدودشدن رشد گیاه می‌گردد (Zhao *et al*., 2020). یکی از پیامدهای تنش شوری در گیاه تولید اسیدآبسیزیک در گیاه اسـت، اسـید آبسـیزیک باعث بسته‌شدن روزنه‌های تنفسی در گیاه شـده و در نتیجه، فتوسـنتز کاهش خواهد یافت. مطالعات نشـان می‌دهد که تنش شـوری باعث زیادشـدن انواع اکسـیژن فعال در لندام‌های گیاه می‌گردد، اکسـیژن‌های فعال مولکول‌های ناپایداری هسـتند که با پروتئین‌ها و چربی‌های موجود در غشـاء سـلولی واکنش می‌دهند و باعث آسـیب رسـیدن به سـاختار غشـاء سـلولی می‌گردند (Zhao *et al*., 2020; Shabala *et al*., 2014). کودهای زیستی به مجموعه مواد نگهدارنـده بـا تعداد زیادی از ریزجانداران مفید گفته می‌شود که به‌منظور تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و ایجاد شرایط فیزیکی و شیمیایی مناسب خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی از این کودها، جلبک دریایی اسـت. عصـاره جلبک قهوه‌ای دریایی حاوی مقادیر مختلفی از متابولیت‌های ثانویه فعال زیسـتی، ویتامین‌ها، پیش‌سازهای ویتامین‌ها و آمینواسیدها هستند. همچنین عصاره جلبک دریایی شـامل تعدادی از فیتوهورمون‌ها مانند اکسـین، سـیتوکنین، جیبرلین، اسید آبسیزیک و براسینواستروئید است (Mutale-Joan *et al*., 2021). جلبک دریایی منجر به رشد و گسترش ریشه‌ها، افزایش عمر پس از برداشـت محصـولات و افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های زنده و غیر زنده می‌شـود. بر طبق تحقیقات انجام شـده در برخی از گیاهان، عصاره جلبک دریایی می‌تواند باعث رشد و گسترش ریشه شده و به افزایش جذب آب و مواد معدنی از طریق ریشه کمک مـی‌کـنـد. در بررسی تأثیر عصاره جلبک دریایی بر رشد ریشه‌های گیاهچه‌های سویا مشـخص شـد که عصاره جلبک دریایی در سطوح مختلف تأثیر مثبتی روی طول ریشه‌های گیاهچه سویا داشت. بالاترین اثر تحریکی عصاره جلبک دریایی در غلظت۱۰-۵ گرم در میلی‌لیتر مشاهده شـد که طول ریشه حدود ۱۸ درصد بلندتر از ریشه‌های شاهد بود (Anisimov & Chaikina, 2014). همچنین براساس تحقیقات انجام شـده روی برخی از گیاهان ،کاربرد جلبک دریایی باعث افزایش مقدار کلروفیل در گیاه شده و زمان گل‌دهی و تشکیل میوه در گیاه را تسریع می‌نماید (Punitha *et al*., 2024; Latigue *et al*., 2013). براسـاس برخی از آزمایش‌ها، کاربرد عصـاره جلبک دریایی باعث افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه شد (Alharbi *et al*., 2022; Mutale-Joan *et al*., 2021). بر پایه نتایج تحقیقات انجام شـده، عصاره جلبک دریایی بر صفات تعداد دانه پـر، تعداد دانه در طبق، کلروفیل، درصد روغن و عملکرد دانه آفـتـابـگـردان معنی‌دار بود (Seyeed Razavi *et al*., 2018).

در واقع، جلبک قهوه‌ای به‌عنوان یک ترکیب محافظ مهم در پاسخ به تنش‌های غیر زیستی محسوب می‌شود، زیرا عصاره جلبک دریایی دارای مقادیر زیادی ترکیبات فعال زیسـتی از جمله بتائین، پرولین و اسـیدهای آمینه معطر اسـت. نتایج بررسـی کاربرد عصـاره جلبک دریایی بر گیاه اسـفناج (*Spinacia oleracea* L.) در شـرایط تنش خشـکی نشـان داد که این ماده با بهبود روابط آبی و کاهش محدودیت باز شدن روزنه‌ای گیاه سبب بهبود رشد اسفناج در شرایط تنش خشـکی شـد. عصاره جلبک دریایی به‌دلیل داشتن هورمون‌های رشـد مانند اکسـین و سـیتوکنین، عناصـری مانند آهن، روی، مس، کبالت، منگنز و ویتامین‌ها و اسیدهای آمینه اثر مفیدی بر رشد گیاهان و ایجاد مقاومت در برابر تنش‌های غیر زیستی مانند شوری، خشکی و دما دارد (Esmaielpour & Fatemi, 2020). در پژوهشـی که اثر عصاره جلبک دریایی بر شاخص‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی ریحان در شرایط تنش کم‌آبی انجام شد، نتایج نشان داد که با افزایش شدت تنش خشـکی، صفات مورفولوژیک کاهش یافت و کاربرد عصـاره جلبـک دریایی، با افزایش میزان پرولین، ایجاد تنظیم اسمزی، کاهش تجزیه کلروفیل و کـاهش نشت غشاء، سبب بهبود رشد ریحان در شرایط تنش خشکی شد (Esmaielpour & Fatemi, 2020).

سیاری زهان و همکاران (Sayyari Zahan *et al*., 2022) تأثیر دو نوع جلبک بر خصوصیات رشدی گندم و ریحان در شـرایط تنش شـوری را بررسـی کردند. در بررسی نوع جلبک بر صفات مورد ارزیابی شامل وزن خشک ریشـه‌چه و ساقه‌چه دو گیاه در شرایط آزمایشگاه و همچنین ارتفاع بوته، وزن خشـک بوته و نشـت الکترولیت دو گیاه در بخش گلخانه‌ای، گزارش دادند که در بخش آزمایشـگاهی کاربرد جلبک کلرولا، وزن خشـک ریشـه‌چه و سـاقه‌چه گندم را به‌ترتیب ۳۶/۶۷ درصـد و ۱۸/۳۸ درصـد نسـبت به شـاهد افزایش داد و کاربرد جلبک کلرولا ۴۲/۸۶ درصد و ۵۹/۲۶ درصـد وزن خشـک ریشـه‌چه و سـاقه‌چه ریحان و جلبک اسـپرولینا به‌ترتیب ۶۴/۲۹ درصـد و ۲۸/۱۵ درصد وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه ریحان را نسبت به شاهد (عدم کاربرد جلبک) کاهش دادند.

استفاده از کودهای زیسـتی ماننـد عصاره جلبک‌دریایی که باعث افزایش مقاومت گیاه و جلـوگیری از کاهش رشد گیاهان دارویی در شـرایط تنش شـوری می‌شـود، می‌تواند به‌عنوان راهکار مناسـب برای بهبود عملکرد گیاهان دارویی در شـرایط تنش شـوری باشـد. هدف از انجام این آزمایش، بررسـی تأثیر عصـاره جلبک دریایی بر صـفات

مورفوفیزیولوژیکی گیاه دارویی گل‌گاوزبان ایرانی در شرایط تنش شوری است.

## مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثرات محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی روی نشاهای گل‌گاوزبان در شرایط تنش شوری، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل ۲ × ۲ × ۳ با دو فاکتور جلبک دریایی و تنش شوری با نمک کلرید سدیم، در قالب طرح کامل تصادفی در گلخانه انجام شد.

**فاکتور اول:** تیمار عصاره جلبک دریایی (آکادین) در دو سطح (صفر و ۱۵۰۰ ppm)

**فاکتور دوم:** تنش شوری در سه سطح (۱/۶، ۴ و ۸ میلی‌موس بر متر)

### کشت بذر و تهیه نشاء

بذرها از شرکت پاکان بذر اصفهان خریداری شده و به‌مدت ۲۴ ساعت در آب معمولی خیسانده شدند (Ramandi *et al*., 2019)، سپس به درون گلدان‌های کوچک حاوی سه قسمت پیت‌ماس و یک قسمت پرلیت انتقال یافتند. بعد از ظاهرشدن سومین برگ حقیقی، نشاءها به گلدان‌های بزرگ‌تر حاوی ماسه، خاک باغچه، پرلیت و ورمی کمپوست (۲:۲:۲:۱) منتقل شدند.

### محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی

یک هفته بعد از انتقال نشاءها به گلدان‌های اصلی، محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی انجام شد. محلول‌پاشی هر دو هفته یک‌بار تکرار شد و در مجموع، نشاءها سه مرتبه با عصاره جلبک دریایی محلول‌پاشی شدند. عصاره جلبک دریایی که در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفت، متعلق به شرکت آکادین بود. نوع جلبک دریایی که عصاره از آن تهیه شده، *آسکوفیلوم نودوزوم* *Ascophyllum nodosum* L. از انواع جلبک‌های قهوه‌ای بود.

### اعمال تنش شوری

یک هفته بعد از اولین محلول‌پاشی عصاره‌های جلبک دریایی، اعمال تنش شوری آغاز گردید. به‌منظور جلوگیری از ایجاد شوک در گیاهان، تیمار شوری به‌تدریج و در سه مرحله انجام شد. به‌منظور جلوگیری از تجمع نمک، هر دو هفته یک‌بار آبشویی با آب معمولی انجام گرفت.

### اندازه‌گیری صفات ریخت‌شناختی گیاه گل‌گاوزبان

برای اندازه‌گیری سطح برگ، کلیه برگ‌های نشاء چیده شدند و سپس سطح هر یک از برگ‌ها به‌وسیله دستگاه سنجش سطح برگ محاسبه گردید. در نهایت، میانگین سطح برگ‌ها براساس واحد سانتی‌مترمربع به‌عنوان سطح برگ بوته ثبت گردید. طول ریشه‌ها با استفاده از خط‌کش با دقت یک میلی‌متر و همچنین وزن تر خشک گیاه با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم ثبت گردید.

### اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ (RWC)

به‌منظور لندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ، یکی از برگ‌های میانی هر بوته پس از جداشدن از ساقه وزن شد (وزن تازه) و همان برگ به‌منظور اندازه‌گیری وزن آماس به‌مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر در دمای چهار درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و سپس وزن شد (وزن آماس)، سپس برگ‌های مزبور به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس در آون قرار گرفته و وزن شدند (وزن خشک). در نهایت، با کاربرد معادله‌های زیر، محتوای نسبی آب برگ براساس درصد محاسبه گردید (Nourashrafeddin *et al*., 2023).

(۱)

RWC = (وزن تر − وزن خشک) / (وزن اشباع − وزن خشک) × ۱۰۰

### میزان کلروفیل و کاروتنوئید برگ

مقدار ۰/۵ گرم از ماده تر گیاهی (از برگ‌های کامل و بالایی بوته) در هاون چینی ریخته و سپس با استفاده از نیتروژن مایع تخریب شد. ۲۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به نمونه اضافه شد، سپس در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شد. عصاره فوقانی جدا و به بالن شیشه‌ای منتقل شد. مقداری از نمونه داخل بالن به داخل کوت ریخته شد و سپس مقدار جذب محلول با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر به‌طور جداگانه در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل a، ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل b و ۴۷۰ نانومتر برای کاروتنوئیدها قرائت و ثبت گردید. با استفاده از معادله‌های زیر مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی در نمونه‌ها محاسبه گردید: (Pan *et al*., 2024)

(۲)

Chl a (µg/ ml) = (15/65× A 666) – (7/34× A 653)
Chl b (µg/ ml) = (27/05× A 653) – (11/21× A 666)
Carotenoid (µg/ ml) = (1000× A 470) – (2/860× Chl a) – (129/2× Chl b) / 245

### سنجش میزان پرولین

میزان پرولین با روش بیتس و همکاران (Bates *et al*., 1973) اندازه‌گیری شد. ۰/۵ گرم بافت خشک برگ به همراه ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک سه درصد کوبیده شده و از کاغذ صافی عبور داده شدند. به دو میلی‌لیتر از این محلول، دو میلی‌لیتر اسیداستیک گلاسیال و دو میلی‌لیتر اسید ناین هیدرین اضافه و به‌مدت یک ساعت در حمام بن‌ماری در دمای ۱۰۰ درجه قرار داده شدند. چهار میلی‌لیتر

تولوئن به نمونه اضـافه گشـت. در نهایت، میزان نور جذبی در ۵۲۰ نانومتر توسـط دسـتگاه اسـپکتروفتومتر قرائت گردید. میزان پرولین استخراجی براساس میکرومول بر گرم وزن تر مشخص گردید.

### سنجش میزان قندمحلول در میوه

برای سنجش قند محول در برگ گل‌گاوزبان ابتدا ۰/۱ گرم نمونه گیاهی را در داخل پنج میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصـد له کرده، سـپس به آن ۱۵ میلی‌لیتر اتانول ۷۰ درصـد اضـافه گردید. محلول را به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه در دستگاه سانتریفیوژ قرار داده تا فیلتراسـیون گردد. سـپس از محلول بالایی صـاف شـده مقدار ۰/۱ میلی‌لیتر به سه میلی‌لیتر محلول آنترون اضـافه گردید. محلول فوق را در حمام آب جوش به‌مدت ۱۰ دقیقه قرار داده، سـپس عدد جذب آن در دستگاه اسپکتوفتومتر با طول موج ۶۲۵ نانومتر خوانده شـد. برای منحنی استاندارد، از گلوکز خالص با سه غلظت ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام استفاده گردید. سپس با کمک منحنی استاندارد، میزان قند بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن خشک به‌دست آمد (Gurrieri *et al.*, 2020; Courbier *et al.*, 2020).

### غلظت سدیم و پتاسیم

به یک گرم نمونه ۱۰ میلی‌لیتر از اسید کلریدریک دو نرمال اضافه گردید. بعد نمونه‌ها داخل بالن ۱۰۰ میلی‌لیتر صـاف و با مقطر به حجم رسانیده شد. غلظت یون‌های $Na^+$ و $K^+$ نمونه‌ها با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر ۴۲۵ شعله (X) اندازه‌گیری شد (Asch *et al.*, 2022).

### اندازه‌گیری نشت الکترولیت در گیاه

به‌منظور تعیین درصـد نشـت الکترولیت، ابتدا جوان‌ترین برگ‌های کاملاً توسـعه یافته از هر بوته جدا شـد و در ویال‌های حاوی ۵۰ میلی‌لیتر آب دوبار تقطیر شده قرار گرفت. ارلن‌ها به‌مدت شش ساعت روی شیکر قرار گرفت و سپس هدایت الکتریکی هر نمونه با استفاده از دسـتگاه EC متر (Jenvay) اندازه‌گیری گردید (Savage *et al.*, 2024).

### تجزیه و تحلیل آماری

داده‌ها در نهایت توسـط نرم‌افزار SAS بر پایه تجزیه واریانس و میانگین‌ها براسـاس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سـطح احتمال پنج درصـد مقایسـه شـدند. سـپس نمودارها توسط نرم‌افزار Excel ترسیم شدند.

## نتایج و بحث

### تأثیر محلول‌پاشی جلبک دریایی بر پارامترهای رشدی گیاه گل‌گاوزبان در شرایط تنش شوری

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده تیمارهای شوری و جلبک دریایی و همچنین اثرات متقابل شـوری در جلبک دریایی بر وزن تر اندام هوایی، وزن تر ریشه، طول ریشه و وزن خشک کل بوته گل‌گاوزبان معنی‌دار بود (جدول ۱). بررسی اثر متقابل شوری و جلبک دریایی تمامی صـفات رشـدی نشـان داد که در هر سـه تیمار آبیاری، کاربرد جلبک دریایی باعث افزایش وزن تر اندام هوایی، وزن تر ریشه، طول ریشـه و وزن خشـک کل بوته گردید (شکل ۱)، به‌طوری‌که این افزایش در سـطح شـوری ۸ میلی‌موس بر متر تنش شـوری به‌ترتیب ۱۰ درصـد، ۵ درصـد، ۲۵ درصـد و ۳۳ درصـد نسـبت به تیمار عدم محلول‌پاشی با جلبک بود (شکل ۱).

شوری با تأثیر بر رشد رویشی و زایشی گیاه موجب کاهش عملکرد می‌شود. محققان علت کاهش رشـد گیاه را کاهش فتوسنتز جاری در اثر کاهش بخش فتوسنتزکننده دانستند. باتوجه به اینکه گیاهان بخش عمده‌ای از دوره رشد خود را در معرض شوری گذراندند، احتمالاً میزان یون‌های سمی سدیم و کلر در برگ‌ها با افزایش شوری افزایش یافته و سبب کاهش رشد در گیاه شده است. در شرایط شوری، استفاده از جلبک‌دریایی از طریق جلوگیری از ورود نمک به گیاه و افزایش میزان پتاسیم، آثار منفی تنش شوری را با کاهش داده (شکل ۴) و همچنین با افزایش میزان کلروفیل (شـکل ۲) و به‌تبع آن افزایش فتوسـنتز در شرایط شوری، به‌طور مستقیم و غیرمستقیم از طریق افزایش مقاومت گیاه به شوری باعث شرایط مطلوب‌تری برای رشدونمو گیاه شدند که این امر افزایش رشد رویشی گیاه را به دنبال داشت.

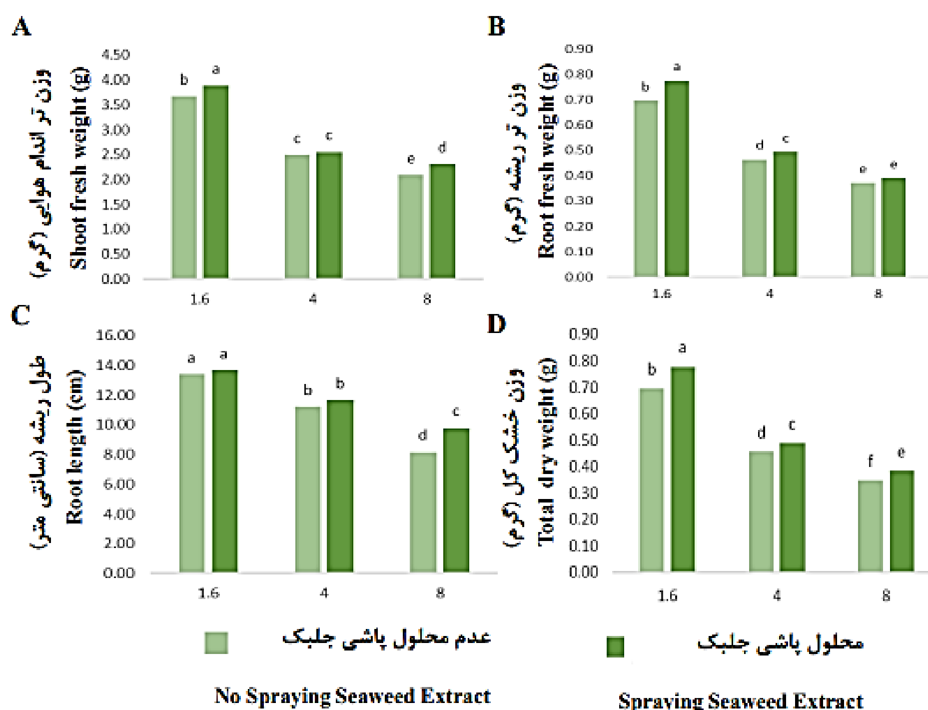
محققین نشـان دادند که هنگام تنش شـوری گیاهان با تجمع پتاسـیم در خود در مقابل این تنش از خود واکنش نشـان می‌دهند (Ramandi & Seifi, 2023; Shabala & Kein, 2008) علاوه‌براین، اسـتفاده از عصـاره جلبک دریایی یک روش کارآمد برای رشـد بهتر گیاهان بوده اسـت (Punitha *et al.*, 2024; Latigue *et al.*, 2013). عصاره جلبک دریایی حاوی میزان زیادی پروتئین و اسیدآمینه می‌باشد و گزارش شـده اسـت که اسیدهای آمینه به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بر فعالیت‌های فیزیولوژیک و رشدونمو گیاه مؤثر واقع می‌شوند (Faten *et al.*, 2010). براساس نتایج مـی‌توان بیان نمود که به‌دلیل وجود اسیدهای آمینه در عصاره جلبک دریایی، با کاربرد آن به‌خاطر اثرات تغذیه‌ای مثبت بر رشدونمو، عملکرد رشـدی گیاه افزایش خواهد یافت. اسیدهای آمینه به‌عنوان منبعی از نیتروژن یک ترکیب اساسی در تولید پروتئین گیاهی و کلروفیل اسـت (Al-Said & Kamal, 2008).

استفاده از عصاره جلبک‌دریایی باعث بهبود رشد نشاء گل‌گاوزبان در شرایط تنش شوری شد که این موضوع را می‌توان به افزایش توان گیاه برای مقابله با تنش شوری از طریق افزایش رشد ریشه، افزایش میزان فتوسنتز جذب بیشتر عناصر غذایی مانند فسفر، پتاسیم و همچنین هورمون‌های گیاهی مانند اکسین، سیتوکینین و اسیدآبسیزیک نسبت داد.

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات تنش شوری و جلبک دریایی بر صفات مورفولوژیک گل‌گاوزبان

**Table 1- ANOVA (mean square) for the effects of salinity stress and Seaweed extract on the morphological traits of *E. amoenum***

| منبع تغییرات S.O.V | درجه آزادی df | وزن تر اندام هوایی Fresh weight of shoot | وزن خشک اندام هوایی Dry weight of shoot | وزن تر ریشه Fresh weight of roots | طول ریشه Root length | وزن خشک گیاه Plant dry weight |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Salinity شوری | 2 | 16.74** | 0.79** | 0.81** | 125.74** | 0.87** |
| Seaweed جلبک دریایی | 1 | 0.52** | 0.03** | 0.031** | 10.76* | 0.045** |
| Seaweed× salinity شوری× جلبک دریایی | 2 | 0.058* | 0.006* | 0.006* | 3.29* | 0.004* |
| خطا Error | 30 | 0.017 | 0.001 | 0.001 | 1.01 | 0.001 |
| ضریب تغییرات CV (%) | | 4.8 | 8.7 | 6.84 | 8.86 | 7.2 |




شکل ۱- تأثیر محلول‌پاشی با عصاره جلبک بر پاراکترهای فیزیولوژیکی گیاه گل‌گاوزبان تحت تنش شوری

**Figure 1- The effect of foliar spraying of Seaweed Extract on the physiological parameters of *E. amoenum* under salt stress (DMRT, P≤0.05)**

## تأثیر محلول‌پاشی جلبک دریایی بر پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه گل‌گاوزبان در شرایط تنش شوری

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده تیمارهای شوری و جلبک دریایی و همچنین اثرات متقابل شوری در جلبک‌دریایی بر پرولین، قند محلول و نشت الکترولیت در گل‌گاوزبان معنی‌دار بود (جدول ۲). میزان پرولین در گیاه به‌عنوان یکی از

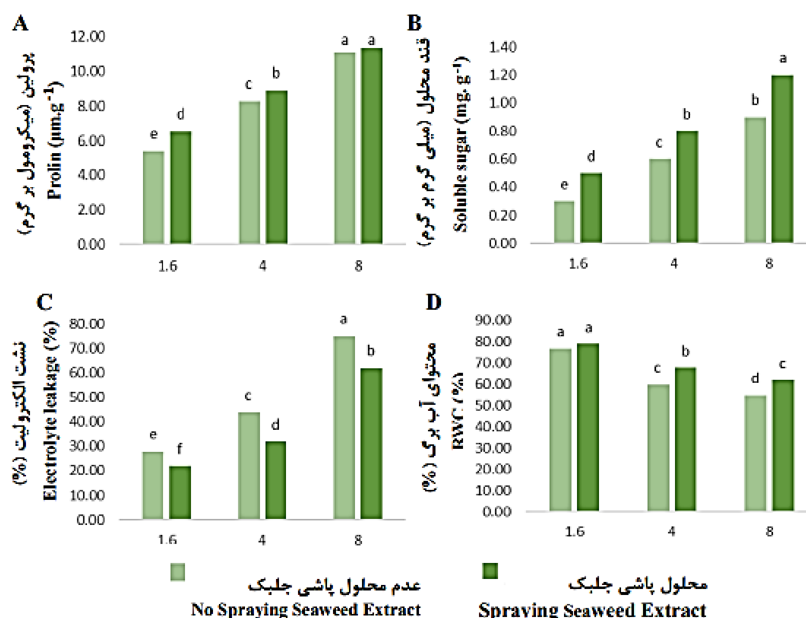
شاخصه‌های اصلی در حفظ شرایط گیاه در تنش شوری به حساب می‌آید. با اعمال تنش شوری، میزان پرولین نسبت به شاهد یا عدم تنش شوری افزایش یافت، بیش‌ترین مقدار پرولین در تیمار شوری هشت به‌دست آمد. استفاده از عصاره جلبک سبب افزایش میزان پرولین در گیاه گردید (شکل ۲) و در تحقیق حاضر از این طریق به بهبود رشد گیاه در شرایط تنش کمک کرد (شکل ۱). پرولین اسیدآمینه آزاد محسوب می‌شود که در شرایط تنش‌های مختلف محیطی به‌منظور تنظیم اسمزی در سلول‌های گیاهان تولید و تجمع می‌یابد. نتایج پژوهشگران نشان داد که محلول‌پاشی عصاره جلبک‌دریایی موجب کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کاتالاز و پراکسیداز و افزایش تجمع پرولین در شرایط آبیاری کامل و همچنین قطع آبیاری شد (Zarbakhsh *et al*., 2023).

استفاده از عصاره جلبک سبب افزایش میزان قند محلول تحت شرایط تنش شوری گردید، به‌طوری‌که در غلظت‌های ۱/۶، ۴ و ۸ تنش شوری، میزان قند محلول به‌ترتیب ۸۰ درصد، ۳۳ درصد و ۳۳ درصد افزایش یافت (شکل۲). قندهای محلول در شرایط تنش افزایش می‌یابند که این کربوهیدرات‌ها به‌عنوان حفاظت‌کننده اسمزی و همچنین در تعدیل اسمزی و ذخایر کربنی نقش دارد (Afzal *et al*., 2021; Rosa *et al*., 2009). بنابراین، به نظر می‌رسدکه محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی درشرایط تنش شوری، باعث افزایش فعالیت آنزیم ATP ase غشاء یاخته‌ای، سهولت ورود ساکاروز به آوند آبکش و افزایش بارگیری ساکاروز در آوند آبکشی شده و درنتیجه میزان قند ساخته شده در برگ گیاه را در جهت رویارویی با تنش شوری، افزایش می‌دهد (Zarbakhsh *et al*., 2023). علاوه‌براین، در این آزمایش میزان کلروفیل تحت تیمار جلبک دریایی افزایش یافته است، احتمالاً افزایش ظرفیت فتوسنتزی باعث افزایش مقدار قندهای محلول شده است. تنش شوری موجب کاهش محتوای نسبی آب برگ شد، بیش‌ترین محتوای نسبی آب برگ به‌میزان ۷۶ درصد مربوط به تیمار شاهد و کاربرد عصاره جلبک دریایی بود و کمترین محتوای نسبی آب برگ به‌میزان ۵۲ درصد در تیمار شوری ۸ به‌دست آمد (شکل ۲). محتوای نسبی آب برگ در همه تیمارهای شوری با کاربرد عصاره جلبک دریایی افزایش یافت. کاهش در محتوای نسبی آب برگ سبب کاهش آب مورد نیاز برای فرآیندهای مورفولوژیک و فیزیولوژیک از قبیل طویل‌شدن سلولی، باز شدن روزنه‌ها و فرآیندهای وابسته به فتوسنتز می‌شود. سایر محققان نیز بیان کردند که کاربرد عصاره جلبک باعث افزایش‌رشد گیاه، تحریک رشد ریشه و جذب آب بیشتر و افزایش محتوای نسبی آب برگ‌ها می‌شود (Razavi *et al*., 2018). با افزایش تنش شوری، میزان نشت الکترولیت از غشاءهای یاخته‌ای گل‌گاوزبان افزایش یافت و بیشترین مقدار آن (۷۵/۲ درصد) در گیاهان در سطح تنش شوری ۸ و کمترین میزان نشت (۲۱ درصد) در گیاهان محلول‌پاشی شده عصاره‌جلبک در سطح شوری ۱/۶ به‌دست آمد (شکل ۲). پایداری غشاء سلولی تحت تنش‌شوری به‌منزله یک شاخص مهم تحمل به تنش شوری است. در واقع، نشت الکترولیت نیز به‌منزله یک شاخص مناسب دیگر از چگونگی آسیب‌های وارده به غشاء سلولی یاخته‌های برگی طی دوره تنش شوری مطرح باشد. محلول‌پاشی با عصاره جلبک با کاهش نشت الکترولیت در گیاه و افزایش محتوای آب برگ به رشد بهتر گیاه در شرایط تنش کمک کرده است (شکل ۲). عصاره جلبک دریایی با حفظ محتوای نسبی آب در گیاه از تغییرات آب سلول‌های گیاهی جلوگیری کرده و براین‌اساس، غشاءهای سلولی کمتر در معرض آسیب‌های تنش اکسیداتیو ناشی از تنش شوری قرار گرفته و تمامیت غشاء سلولی محافظت می‌کند (Xu & Leskovar, 2015).

**جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات تنش شوری، جلبک دریایی و پوترسین بر پتاسیم، سدیم، پرولین، قند محلول و نشت یونی برگ‌های گل‌گاوزبان**

**Table 2- ANOVA (mean square) for the effects of salinity stress, Seaweed Extract and putrescine on potassium, sodium, proline, soluble sugar and ionic leakage of the *E.amoenum* leaves**

| منابع تغییرات S.O.V | درجه آزادی df | سدیم Na+ | پتاسیم K+ | پرولین Proline | قند محلول Soluble sugar | محتوای نسبی آب برگ Relative leaf water content | نشت الکترولیت Electrolyte leakage |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| شوری Salinity | 2 | 377.21** | 341.42** | 167.21** | 1.8** | 1716.72** | 13714.05** |
| جلبک دریایی Seaweed | 1 | 2.61* | 23.1** | 7.34** | 0.228** | 501.38** | 48.34** |
| شوری×جلبک دریایی Salinity × seaweed | 2 | 0.042ns | 0.78ns | 1.2** | 0.002 ns | 5.38ns | 5.72ns |
| خطا Error | 30 | 0.36 | 0.72 | 0.15 | 0.004 | 22.6 | 26.3 |
| ضریب تغییرات CV (%) | | 6.9 | 4.1 | 4.61 | 8.93 | 3.75 | 3.34 |




**شکل ۲- تأثیر محلول‌پاشی با عصاره جلبک بر پارامترهای بیوشیمیایی گیاه گل‌گاوزبان تحت تنش شوری**

**Figure 2- The effect of foliar spraying of Seaweed extract on the biochemical parameters of *E.amoenum* under salt stress (DMRT, P≤0.05)**

### تأثیر محلول‌پاشی جلبک دریایی بر تغییرات کلروفیل گیاه گل‌گاوزبان تحت تنش شوری

بررسی اثرات متقابل جلبک دریایی در شوری بر میزان کلروفیل‌های برگ نشان داد که کاربرد جلبک دریایی و پوترسین باعث افزایش میزان کلروفیل‌های a و b برگ نسبت به شاهد گردید (جدول ۳، شکل ۳). استفاده از عصاره جلبک دریایی سبب شد که میزان کلروفیل a و b تحت تنش شوری، کاهش کمتری نسبت به شاهد داشته باشد (شکل ۳) و ازاین‌رو به رشد بهتر گیاه تحت تنش شوری کمک کرده است (شکل ۱). افزایش غلظت کلروفیل در اثر کاربرد عصاره جلبک دریایی در گیاهان مختلف گزارش شده است. این افزایش به‌دلیل کاهش تخریب کلروفیل و تأخیر در پیری آن بوده و مربوط به افزایش تولید کلروفیل نمی‌شود (Guinan *et al*., 2012). تنش شوری منجر به افزایش غلظت تنظیم‌کننده‌های رشد مانند اسیدآبسیزیک و اتیلن می‌شود که تحریک‌کننده آنزیم کلروفیلاز هستند و به این ترتیب کلروفیل تجزیه می‌شود. همچنین تنش شوری باعث ایجاد تغییرات در رنگدانه‌های فتوسنتزی، تخریب سیستم فتوسنتزی و کاهش فعالیت آنزیم‌های چرخه کلوین می‌شود که عوامل مهمی در کاهش رشد گیاه می‌باشد (Fu & Uang, 2001). در پژوهشی، استفاده از عصاره جلبک دریایی *A. nodosum* در گوجه فرنگی در شرایط تنش خشکی باعث افزایش کلروفیل کل شد (Goñi *et al*., 2016).

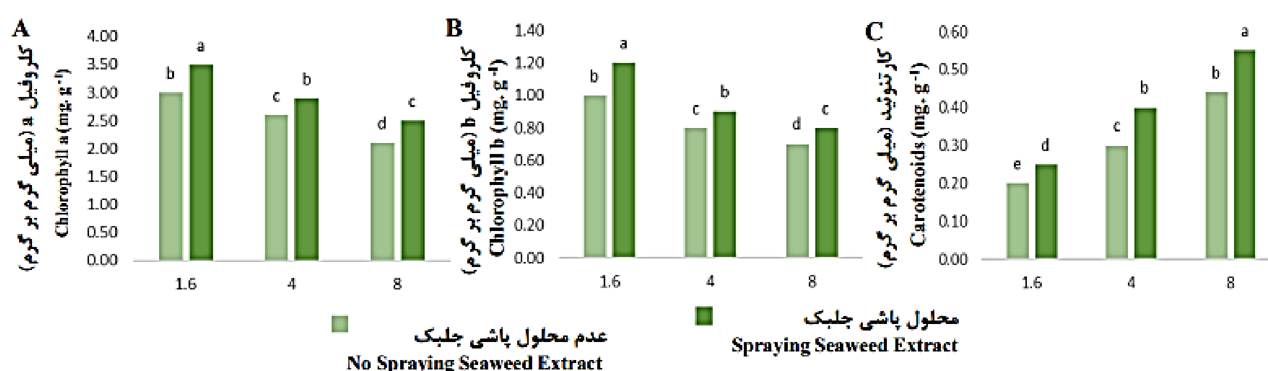
### تأثیر محلول‌پاشی جلبک دریایی بر تغییرات سدیم و پتاسیم برگ گل‌گاوزبان تحت تنش شوری

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میزان سدیم و پتاسیم تحت تأثیر اثرات ساده شوری و جلبک دریایی قرار گرفته است (جدول ۲). استفاده از عصاره جلبک دریایی سبب کاهش ۱۱ و ۱۵ درصدی میزان سدیم در غلظت‌های ۴ و ۸ شوری شده است (شکل ۴) همچنین استفاده از جلبک دریایی جذب پتاسیم را ۳۳ و ۲۴ درصد را در این غلظت‌ها شوری افزایش داد (شکل ۴). نتایج این پژوهش با مطالعات صورت گرفته روی سازوکار عمل گیاه برای مقاومت در برابر تنش شوری همخوانی دارد. هنگام تنش شوری، گیاه با افزایش جذب پتاسیم باعث افزایش فعالیت کانال‌های یونی گردیده و شدت تنش را تعدیل می‌کند (Ramandi & Seifi, 2023; Shabala & Kein, 2008). در تحقیقات دیگر پژوهشگران نشان داده شد که شوری باعث کاهش جذب پتاسیم توسط ریشه و کاهش پتاسیم در برگ‌های زیتون شد. کاهش غلظت پتاسیم بافت‌های گیاهی می‌تواند به‌دلیل رقابت آن با سدیم بر سر مکان‌های اتصال به ناقل‌های غشاء پلاسمایی و یا نشت پتاسیم به‌دلیل عدم ثبات غشاء پلاسمایی است (Chartzoulakis, 2005).

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات تنش شوری، جلبک دریایی بر کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید برگ‌های گل‌گاوزبان

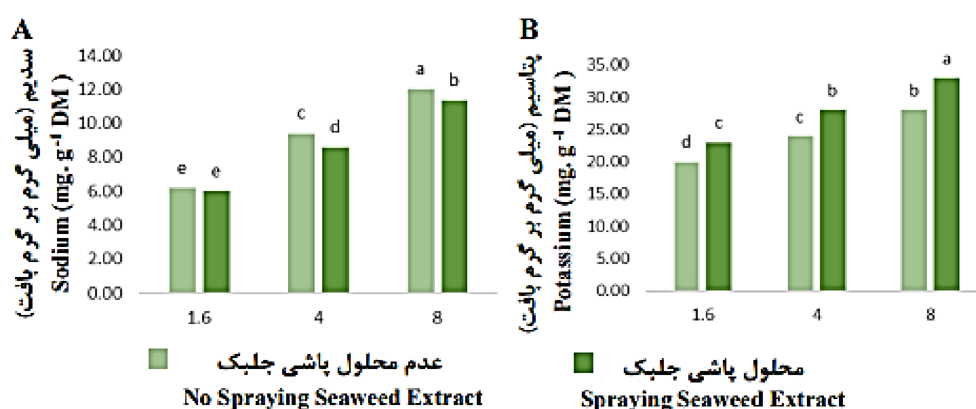
**Table 3- ANOVA (mean square) for the effects of salinity stress, Seaweed extract and putrescine on the chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoids of the *E.amoenum* leaves**

| منبع تغییرات<br>S.O.V | درجه آزادی<br>df | کلروفیلb<br>Chlorophyll b | کلروفیلa<br>Chlorophyll a | کاروتنوئید<br>Carotenoid |
|---|---|---|---|---|
| شوری<br>Salinity | 2 | 0.228** | 1.36** | 0.046** |
| جلبک دریایی<br>Seaweed | 1 | 0.017* | 1.03** | 0.073** |
| شوری × جلبک دریایی<br>Salinity × seaweed | 2 | 0.001 ns | 0.0002ns | 0.002ns |
| خطا<br>Error | 30 | 0.003 | 0.012 | 0.001 |
| ضریب تغییرات<br>CV (%) | | 6. 64 | 3.97 | 9.5 |




شکل ۳- تأثیر محلول‌پاشی با عصاره جلبک بر محتوی کلروفیل گیاه گل‌گاوزبان تحت تنش شوری

**Figure 3- The effect of foliar spraying of Seaweed extract on the chlorophyll content of *E. amoenum* under salt stress (DMRT, P≤0.05)**




شکل ۴- تأثیر محلول‌پاشی با عصاره جلبک بر غلظت سدیم و پتاسیم برگ گل‌گاوزبان تحت تنش شوری

**Figure 4- The effect of foliar spraying of Seaweed extract on the sodium and potassium concentration of *E.amoenum* leaves under salt stress (DMRT, P≤0.05)**

## نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده در این تحقیق می‌توان بیان کرد که گیاه گل‌گاوزبان در شرایط تنش شوری با ایجاد تغییر در برخی از خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی مانند کاهش صفات رشدی، خود را با شرایط تنش سازگار می‌کند. همچنین نتایج این تحقیق نشان از آن داشت که استفاده از عصاره جلبک دریایی با تأثیر بر افزایش میزان پرولین و جذب پتاسیم در بافت، به گیاه در برابر حفظ شرایط خود در برابر تنش شوری کمک می‌کند. علاوه‌براین، محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی سبب حفظ ساختار کلروفیل در گیاه تحت تنش شوری شده و از این طریق، با افزایش کارآیی فتوسنتزی به رشد بهتر گیاه تحت تنش شوری کمک می‌کند. در نتیجه، استفاده از عصاره جلبک دریایی می‌تواند یک روش کارآمد و کم‌هزینه جهت ایجاد تحمل به شوری در گیاهان به‌ویژه در گیاهان دارویی باشد.

## References


1- Al-Said, M.A., & Kamal, A.M. (2008). Effect of1 foliar spray with folic acid and some amino. acids on flowering, yield and quality of sweet pepper. Jou*rnal of Agricultural Science, Mansoura University*, 33(10), 7403-7412.

2- Alharbi, K., Amin, M.A., Ismail, M.A., Ibrahim, M.T., Hassan, S.E.D., Fouda, A., Eid, A.M., & Said, H.A. (2022). Alleviate the drought stress on *Triticum aestivum* L. using the algal extracts of *Sargassum latifolium* and *Corallina elongate* versus the commercial algal products. *Life*, 12(11), 1757.

3- Anisimov, M.M., & Chaikina, E.L. (2014). Effect of seaweed extracts on the growth of seedling roots of soybean (*Glycine max* L.) Merr.) seasonal changes in the activity. *International Journal of Current Research and Academic Review*, 2(3), 19-23**.**

4- Asch, J., Johnson, K., Mondal, S., & Asch, F. (2022). Comprehensive assessment of extraction methods for plant tissue samples for determining sodium and potassium via flame photometer and chloride via automated flow analysis. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, *185*(2), 308-316.

5- Afzal, S., Chaudhary, N., & Singh, N.K. (2021). Role of soluble sugars in metabolism and sensing under abiotic stress. Plant growth regulators: Signalling under stress conditions. *In Plant Growth Regulators*. *Springer*, pp. 305-334. https://doi.org/10.1007/978-3-030-61153-8_14

6- Bates, L.S., Waldren, R.P.A., & Teare, I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39, 205-207.

7- Chartzoulakis, K. (2005). Salinity and olive: growth salt tolerance photosynthesis and yield. *Agriculture Water Managemet*, *78*, 108–121. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2005.04.025

8- Courbier, S., Grevink, S., Sluijs, E., Bonhomme, P.O., Kajala, K., Van Wees, S.C., & Pierik, R. (2020). Far-red light promotes Botrytis cinerea disease development in tomato leaves via jasmonate-dependent modulation of soluble sugars. *Plant Cell and Environment*, *43*(11), 2769-2781. https://doi.org/10.1111/pce.13870

9- Esmaielpour, B., & Fatemi, H. (2020). Effects of seaweed extract on physiological and biochemical characteristics of basil (*Ocimum basilicum* L.) under water-deficit stress conditions. *Journal of Soil and Plant Interactions Isfahan University of Technology*, *11*(1), 59-69. https://doi.org/10.47176/jspi.11.1.10288

10- Faten, S., Abd El-Aal., Shaheen, A.M., Ahmed, A.A., & Mahmoud, A.R. (2010). Effect of foliar application of urea and amino acids mixtures as antioxidants on the growth and yield and characteristics of squash. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, *6*(5), 583-588.

11- Fu, J., & B. Huang. (2001). Involvement of antioxidants and lipid peroxidation in the adaptation of two cool-season grasses to localized drought stress. *Journal Environmental and Experimental Botany*, *45*, 105–114.

12- Goñi, O., Fort, A., Quille, P., McKeown, P.C., Spillane, C., & O'Connell, S. (2016). Comparative transcriptome analysis of two *Ascophyllum nodosum* extract biostimulants: Same seaweed but different. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *64*, 2980–2989. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b00621

13- Gurrieri, L., Merico, M., Trost, P., Forlani, G., & Sparla, F. (2020). Impact of drought on soluble sugars and free proline content in selected *Arabidopsis* mutants. *Biology*, *9*(11), 367. https://doi.org/10.3390/biology9110367

14- Guinan, K.J., Sujeeth, N., Copeland, R.B., Jones, P.W., O'brien, N.M., Sharma, H.S.S., Prouteau, P.F.J., & O'sullivan, J.T. (2012). Discrete roles for extracts of *Ascophyllum nodosum* in enhancing plant growth and tolerance to abiotic and biotic stresses. In I World Congress on the Use of Biostimulants in Agriculture, 1009, 127-135.

15- Jabbar, A.A., Abdullah, F.O., Hassan, A.O., Galali, Y., Hassan, R.R., Rashid, E.Q., Salih, M.I. & Aziz, K.F. (2022). Ethnobotanical, phytochemistry, and pharmacological activity of onosma (Boraginaceae): An updated review. *Molecules*, *27*(24), 8687. https://doi.org/10.3390/molecules27248687

16- Mutale-Joan, C., Rachidi, F., Mohamed, H.A., Mernissi, N.E., Aasfar, A., Barakate, M., Mohammed, D., Sbabou, L., & Arroussi, H.E. (2021). Microalgae-cyanobacteria–based biostimulant effect on salinity tolerance mechanisms, nutrient uptake, and tomato plant growth under salt stress. *Journal of Applied Phycology*, *33*, 3779-3795. https://doi.org/10.1007/s10811-021-02559-0

17- Nikbakht, A., & Kafi, M. (2008). The history of traditional medicine and herbal plants in Iran. *Acta Hortic*, *790*, 255-258. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.790.37

18- Nourashrafeddin, S.M., Ramandi, A., & Seifi, A. (2023). Rhizobacteria isolated from xerophyte *Haloxylon ammodendron* manipulate root system architecture and enhance drought and salt tolerance in *Arabidopsis thaliana*. *International Microbiology*, *27*(2), 1-11. https://doi.org/10.1007/s10123-023-00394-6

19- Latigue, S., & Candidate, D. (2013). Seaweed liquid fertilizer effect on physiological and biochemical parameters of bean plant (*Phaesolus vulgaris* variety Paulista) under hydroponic system. *European Scientific Journal*, *9*(30), 174-191.

20 - Punitha, P., Priyadharshini, P., Nanthini Devi, K., Dinesh Kumar, S., Roopavathy, J., Begum, A., Santhanam, P., & Perumal, P. (2024). Effect of seaweed liquid extract as an organic biostimulant on the growth, fatty acids and high-value pigment production of *Vigna radiata*. *Biomass Conversion and Biorefinery*, *14*(6), 7345-7357. https://doi.org/10.1007/s13399-022-03048-1

21- Pan, W., Cheng, X., Du, R., Zhu, X., & Guo, W. (2024). Detection of chlorophyll content based on optical properties of maize leaves. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, *309*, 123-843. https://doi.org/10.1016/j.saa.2024.123843

22- Ramandi, A., Naseri, M., & Yousefijavan, I. (2022). The Effect of aqueous extract of crocus sativus style on blood coagulation indices in Rats. *Journal of Saffron Research*, *10*(1), 168-160. https://doi.org/10.22077/jsr.2022.4950.1176

23- Ramandi, A., Javan, I.Y., Tazehabadi, F.M., Asl, G.I., Khosravanian, R., & Ebrahimzadeh, M.H. (2019). Improvement in seed surface sterilization and *in vitro* seed germination of ornamental and medicinal plant-*Catharanthus roseus* (L.). *Chiang Mai Journal of Science*, *46*(6), 1107-1112.

24- Ramandi, A., & Seifi, A. (2023). *Cupriavidus metallidurans* bacteria enhance sodium uptake by plants. *Rhizosphere*, *27*, 100767.

25- Rosa, M., Prado, C., Podazza, G., Interdonato, R., González, J.A., Hilal, M., & Prado, F.E. (2009). Soluble sugars: Metabolism, sensing and abiotic stress: A complex network in the life of plants. *Plant Signaling and Behavior*, *4*(5), 388-393.

26- Savage, J.A., Hudzinski, S.J., & Olson, M.R. (2024). Use of electrolyte leakage to assess floral damage after freezing. *Applications in Plant Sciences*, *12*(5), 1-8. https://doi.org/10.1002/aps3.11569

27- Shabala, S., & Pottosin, I. (2014). Regulation of potassium transport in plants under hostile conditions: implications for abiotic and biotic stress tolerance. *Physiologia Plantarum*, *151*(3), 257-279.

28- Shabala, S., & Cuin, T.A. (2008). Potassium transport and plant salt tolerance. *Physiologia Plantarum*, *133*(4), 651-669.

29- Sayyari Zahan, M.H., Sayyadi Anari, M.H., Zamani, G., Mahmoodi, S., & Golestanifar, F. (2022). The effect of two types of algae on the growth characteristics of bread wheat and basil under salinity stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, *15*(3), 731-740.

30- Vaghparast, M., Maleki-Farahani, S., Sinaki, J.M., & Zarei, G. (2012). Mitigation of drought stress in chickpea through application of humic acid and seaweed extract. C*rop Production in Stress Environment*, *4*, 59–71.

31- Xu, C., & Leskovar, D. (2015). Effects of *A. nodosum* seaweed extracts on spinach growth, physiology and nutrition valued under drought stress. *Scientia Horticulturae*, *183*, 39–47. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.12.004

32- Zarbakhsh, S., & Shahsavar, A.R. (2023). Exogenous γ-aminobutyric acid improves the photosynthesis efficiency, soluble sugar contents, and mineral nutrients in pomegranate plants exposed to drought, salinity, and drought-salinity stresses. *BMC Plant Biology*, *23*(1), 543. https://doi.org/10.1186/s12870-023-04568-2

34- Zhao, C., Zhang, H., Song, C., Zhu, J.K., & Shabala, S. (2020). Mechanisms of plant responses and adaptation to soil salinity. *The Innovation*, *1*(1), 1-41. https://doi.org/10.1016/j.xinn.2020.100017